

**ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40
SETELAH *CARBURIZING* DENGAN LUAS RATA-RATA
PARTIKEL KARBON 115,103 μm^2 DAN 515,735 μm^2**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

WIBI PRAMANDA
D200130049

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40
SETELAH *CARBURIZING* DENGAN LUAS RATA-RATA
PARTIKEL KARBON 115,103 μm^2 DAN 515,735 μm^2**

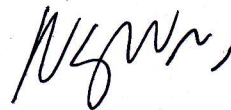
PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

WIBI PRAMANDA
D200130049

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



(Dr. Ir. Ngafwan, M.T.)

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40 SETELAH *CARBURIZING* DENGAN LUAS RATA-RATA PARTIKEL KARBON 115,103 μm^2 DAN 515,735 μm^2

Oleh :

WIBI PRAMANDA
D200130049

Telah diterima dan disahkan oleh Dewan Penguji Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa tanggal, 21 Juli 2020

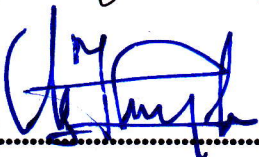
Dewan penguji :

1. **Dr. Ir. Ngafwan, M.T.**

()

(Ketua Dewan Penguji)

2. **Ir. Agus Hariyanto, M.T.**

()

(Anggota I Dewan Penguji)

3. **Ir. Bibit Sugito, M.T.**

()

(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,




Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak pernah terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan mempertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 13 Agustus 2020

Penulis



Wibi Pramanda

**ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 40 SETELAH
CARBURIZING DENGAN LUAS RATA-RATA PARTIKEL KARBON
115,103 μm^2 DAN 515,735 μm^2**

Abstrak

Carburizing merupakan teknik pengerasan baja dengan cara menambahkan unsur karbon pada baja dengan temperatur austenit. Tujuan penelitian dilakukan adalah untuk melihat perubahan struktur mikro yang terjadi serta perubahan nilai kekerasan permukaan pada baja. Penelitian ini menggunakan Baja ST 40 dan karbon dengan luas partikel karbon 115,103 μm^2 dan 515,735 μm^2 . Baja dan karbon dimasukkan kedalam wadah, ditutup rapat dan dipanaskan pada suhu 780°C selama 4 jam. Pengujian spesimen carburizing diantaranya analisis partikel karbon, uji struktur mikro dan uji kekerasan vickers. Setelah proses *carburizing*, terjadi pengurangan luas partikel karbon dari 115,103 μm^2 menjadi 110,051 μm^2 dan 515,735 μm^2 menjadi 440,058 μm^2 . Raw material menghasilkan rata-rata kelarutan unsur dalam Fe ($\beta\%$) 5,99 %. Kelarutan unsur material *carburizing* dengan ukuran karbon 515,103 μm^2 sebesar 14,19%. Kelarutan unsur material setelah *carburizing* dengan ukuran karbon 115,103 μm^2 sebesar 23,49%. Pada pengujian kekerasan, raw material menghasilkan kekerasan 263,3 Kg/mm². *Carburizing* menggunakan luas rata-rata partikel karbon 115,103 μm^2 menghasilkan kekerasan 249,68 Kg/mm², sedangkan *carburizing* menggunakan luas rata-rata partikel karbon 515,735 μm^2 menghasilkan kekerasan 193,7 Kg/mm²

Kata kunci: *carburizing*, partikel karbon 115,103 μm^2 , temperatur, struktur mikro, kekerasan

Abstract

Carburizing is a steel hardening technique by adding carbon to the steel with austenite temperature. The purpose of this research is to look at changes in microstructure that occur as well as changes in the value of surface hardness in steel. This research uses ST 40 steel and carbon with 115.103 μm^2 and 515,735 μm^2 carbon particles. Steel and carbon are put into a container, tightly closed and heated at 780 ° C for 4 hours. Carburizing specimens testing include carbon particle analysis, microstructure test and vickers hardness test. After the carburizing process, there was a reduction in the area of carbon particles from 115,103 μm^2 to 110,051 μm^2 and 515,735 μm^2 to 440,058 μm^2 . Raw material produces an average solubility of elements in Fe ($\beta\%$) 5.99%. The solubility of the carburizing material with a carbon size of 515,103 μm^2 was 14.19%. Solubility of the carburizing material with a carbon size of 115.103 μm^2 by 23,49%. In hardness testing, raw material produces 263.3 kg/mm² hardness. Carburizing uses an average area of 115.103 μm carbon particles resulting in a hardness of 158.8 kg/mm², while carburizing uses an average area of carbon particles 515.735 μm^2 producing a hardness of 193.7 Kg/mm².

Keywords: *carburizing, carbon particle area 115.103 μm^2 , temperature, microstructure, hardness.*

1. PENDAHULUAN

Baja merupakan material penting yang digunakan dalam berbagai aktivitas industri baik dalam dalam bidang konstruksi, alat transportasi, mesin perkakas dan sebagainya. Pemakaian baja tersebut pada umumnya dilihat berdasarkan sifat fisis dan sifat mekanik, salah satu sifat mekanik yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan baja adalah sifat kekerasan. Teknik pengerasan yang sering digunakan adalah *carburizing*, karena mampu meningkatkan kekerasan baja (Tokaji & Akita, 2007).

Carburizing adalah teknik pengerasan permukaan baja dengan cara baja ditempatkan dalam sebuah kotak yang diisi dengan bubuk *carburizing* yang terdiri dari arang, batu bara, atau kokas. Setelah itu wadah ditutup rapat, ditempatkan di tungku dan dipanaskan pada temperatur austenit antara 780°C sampai 930°C (Edenhofer, et al. 2014). Pada umumnya *carburizing* dilakukan pada baja karbon rendah. Baja karbon rendah memiliki keuletan tinggi, dan mudah dibentuk, tetapi kekerasannya sangat rendah. Selain pertimbangan jenis baja yang di *carburizing*, penggunaan media karbon dan variasi ukuran partikel juga masih dikembangkan sebagai sarana transfer karbon. Berdasarkan uraian di atas maka peneliti melakukan penelitian yang berjudul “Analisa kekerasan permukaan baja ST 40 setelah *carburizing* dengan luas rata-rata partikel karbon 115,103 μm^2 dan 515,735 μm^2 ”. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh hasil *carburizing* menggunakan karbon dengan ukuran luas rata-rata partikel karbon 115,103 μm^2 dan 515,735 μm^2 terhadap nilai kekerasan serta perubahan struktur mikronya

a. Baja

Berdasarkan konsentrasi karbonnya, Fox (1997), mengelompokkan baja menjadi: 1) baja karbon rendah dengan konsentrasi karbon 0,10 – 0,25% C. 2) Baja karbon sedang dengan konsentrasi karbon 0,25 – 0,50% C. 3) Baja karbon tinggi dengan konsentrasi karbon > 0,50% C.

b. Difusi

Sudirham dan Utari (2010) menyatakan difusi adalah proses di mana terjadi transfer atom dari satu media ke media lain yang dipengaruhi oleh agitasi thermal. Pada prosesnya, atom selalu bergerak secara acak dari satu media ke

media yang lain sehingga menyebabkan cacat kristal berupa kekosongan posisi atom. Kekosongan posisi atom ini akan memberikan peluang untuk menyusupnya atom-atom lain.

c. Diagram fase

Dasarathy, (1993) menyatakan baja karbon rendah pada perubahan struktur mikro ferit struktur kristalnya yang terbentuk adalah BCC (*Body Centered Cubic*), ketika temperatur naik pada suhu austenit, struktur kristal berubah menjadi FCC (*Face Centered Cubic*) dan akan kembali ke BCC. Pertimbangan dasar dalam mengembangkan struktur mikro pada baja paduan rendah adalah diagram fase Fe-C.

2. METODE PENELITIAN

Media yang digunakan sebagai sarana transfer karbon berasal dari arang kayu trembesi yang diparut hingga menjadi serbuk. Selanjutnya arang diayak berturut-turut mulai dari ayakan mesh 100 dan mesh 500. Pada proses mesh 500, pengayakan dibantu menggunakan fluida berupa alkohol sehingga menghasilkan rata-rata luas area partikel $515,735 \mu\text{m}^2$ dan $115,103 \mu\text{m}^2$. Sedangkan tipe baja yang di carburizing adalah baja ST 40 dengan diameter 30 mm dan panjang 6000 mm. bahan baja tersebut dibubut sehingga diameternya menjadi 28 mm dan tebalnya menjadi 6,9 mm.

Perubahan struktur mikro setelah di carburizing diamati menggunakan Mikroskop *Optic Olympus* tipe X1005 TTEPL, standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E-3. Perbesaran yang digunakan pada uji struktur mikro yaitu 200x dan 1000x. Selanjutnya, untuk melihat perubahan kekerasan pada baja ST 40 setelah di carburizing digunakan *Micro Vickers Hardness*, standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E-92. Partikel karbon juga dianalisis sebelum dan sesudah digunakan carburizing dengan menggunakan aplikasi ImageJ. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: parutan, pot, ayakan, gotri, *shaker mill*, kompor listrik, *thermo control*, alat suntikan, alkohol, botol filter, selang air, timbangan digital, oven, mesin poles, alat uji struktur mikro, alat uji mikro *vickers*.

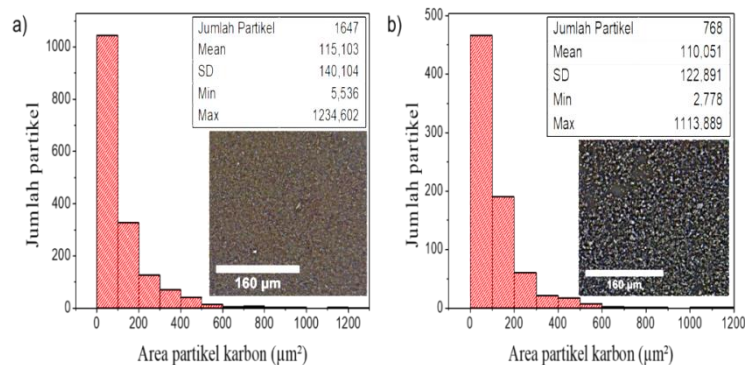
langkah-langkah pengerjaan carburizing yaitu: 1) mempersiapkan spesimen yang telah dipotong sesuai ukuran, 2) mempersiapkan media karbon, arang yang berukuran besar dihaluskan menggunakan parutan dan diayak, 3) menyiapkan wadah *carburizing*, 4) spesimen diletakkan didalam pot *carburizing* yang telah diisi serbuk arang dengan komposisi arang sebanyak 2 gram. setelah spesimen ditaburkan secara merata, pot *carburizing* ditutup, 5) mempersiapkan oven pemanas logam, 6) memasukkan pot *carburizing* kedalam oven, kemudian mengatur suhu mencapai 780°C dan mulai pemanasan dengan waktu tahan 4 jam, 7) setelah dilakukan pemanasan selama 4 jam, oven akan mati dengan sendirinya. biarkan spesimen didalam oven agar terjadi pendinginan secara perlahan, 8) pembongkaran spesimen dari wadah *carburizing*.

Setelah melewati proses carburizing, dilakukan proses pengetsaan. Proses pengetsaan ini dilakukan dengan tujuan untuk merusak permukaan spesimen sehingga pada saat diuji foto mikro, struktur yang terbentuk kelihatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Partikel Karbon

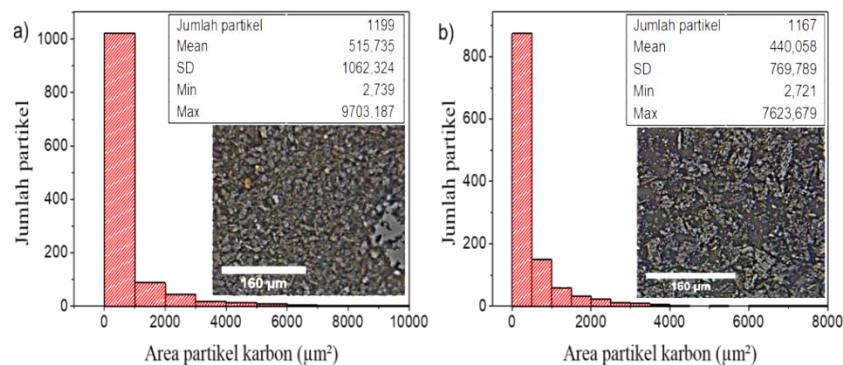
Waktu proses carburizing selama 4 jam menghasilkan difusi karbon kedalam permukaan baja. Setelah di *carburizing*, baja ST 40 dilakukan pendinginan secara perlahan didalam oven (*annealing*). Pada gambar 1.a hasil analisis karbon sebelum di dipakai *carburizing* menunjukkan jumlah partikel 1647 memiliki rata-rata area partikel 115,103 μm^2 atau diameter partikel karbon mendekati 12,109 μm .



Gambar 1. Hasil analisis area partikel karbon dengan aplikasi Imagej; a) sebelum dipakai *carburizing* rata-rata area partikel 115,103 μm^2 , b) sesudah dipakai *carburizing* rata-rata area partikel 110,051 μm^2

Pada gambar 1.b Setelah proses *carburizing* dilakukan, ukuran partikel karbon mengalami penurunan. Hasil analisis partikel karbon sebanyak 768 partikel menghasilkan rata-rata area partikel $110,051 \mu\text{m}^2$ atau diameter partikel karbon mendekati $11,84 \mu\text{m}$. Karbon yang terlepas selama proses *carburizing* terjadi sebanyak 53,37%. Perbedaan karbon sebelum dan sesudah di *carburizing* juga ditunjukkan dengan adanya penurunan massa karbon. Karbon yang digunakan sebelum *carburizing* sebanyak 2 gram dan setelah *carburizing* dilakukan, massa karbon berkurang menjadi 1,6 gram.

Hal yang sama terjadi pada area partikel karbon $515,735 \mu\text{m}^2$, ditunjukkan pada gambar (2.a). Sebelum dilakukan proses *carburizing* partikel sebanyak 1199 dianalisis menghasilkan rata-rata area partikel $515,735 \mu\text{m}^2$ atau diameter karbon mencapai $25,631 \mu\text{m}$. Setelah melewati proses *carburizing* (2.b), area permukaan karbon berkurang menjadi $440,058 \mu\text{m}^2$ atau diameter partikel mencapai $23,676 \mu\text{m}$. Jumlah karbon yang terlepas setelah digunakan *carburizing* sebanyak 2,67%, ini juga ditandai dengan pengurangan massa karbon, dari 200 gram yang digunakan berkurang menjadi 1,89gram.



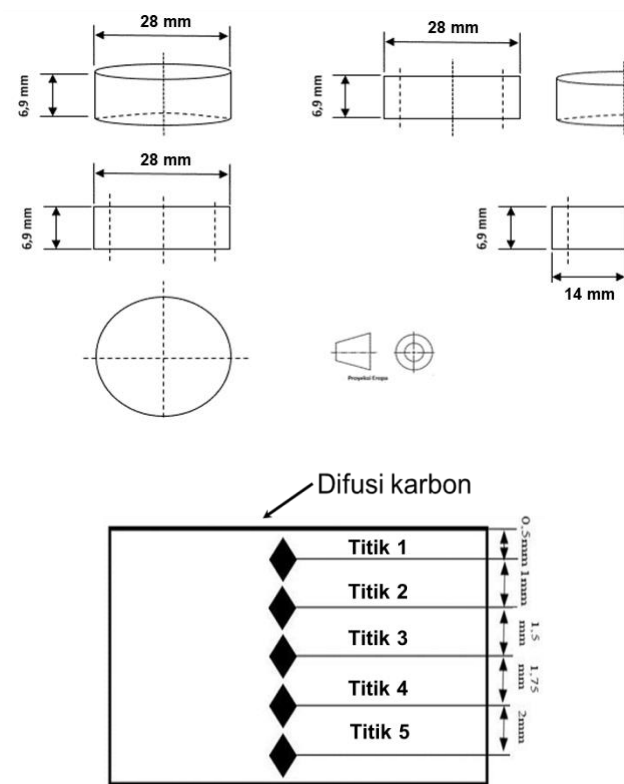
Gambar 2. Hasil analisis area partikel karbon dengan aplikasi Imagej; a) sebelum dipakai *carburizing* rata-rata area partikel $515,735 \mu\text{m}^2$, b) sesudah dipakai *carburizing* rata-rata area partikel $440,058 \mu\text{m}^2$

Kondisi permukaan karbon yang kasar memiliki ukuran butir serbuk yang cukup besar sehingga akan berpengaruh pada proses difusi karbon kedalam baja. Kondisi ini berbanding terbalik dengan ukuran butir serbuk karbon yang lebih kecil, hal ini menyebabkan proses difusi karbon yang terjadi pada baja karbon rendah akan sangat mudah. Dapat diasumsikan bahwa ukuran karbon akan menentukan: 1) luasan partikel karbon yang tereksitasi akan semakin besar. Hal

ini ditunjukkan pada gambar 1 dan 2 akibat proses eksitasi, karbon mengalami perbedaan ukuran area partikel sebelum dan sesudah *carburizing*, 2) waktu proses difusi akan semakin cepat dan 3) Proses terjadinya difusi akan sangat mudah.

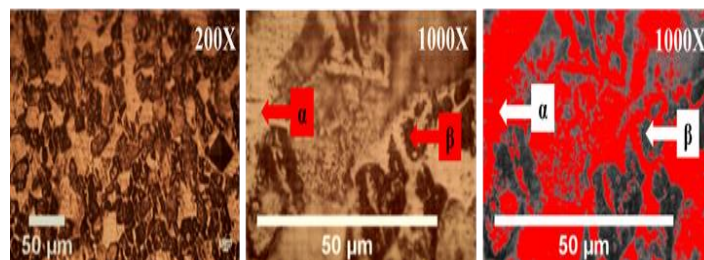
3.2 Pengujian Struktur Mikro dan Kekerasan Baja ST 40.

Jumlah titik yang diuji pada baja ST 40 yaitu 5 titik sampel dengan ketentuan jarak titik satu dari tepi 0,5 mm, titik dua 1mm, titik tiga 1,5 mm, titik empat 1,75 mm, dan titik lima 2 mm. Ilustrasi 5 titik sampel dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi titik pengujian baja ST 40.

a. Pengujian struktur mikro.

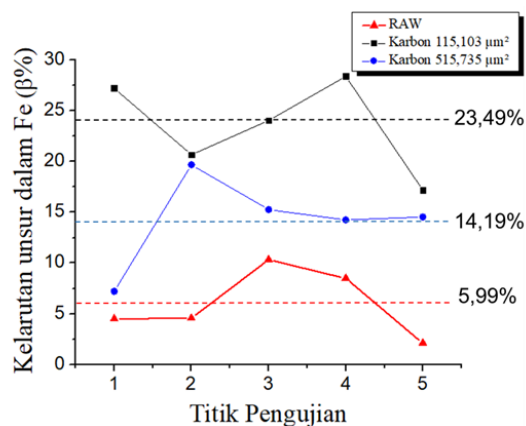


Gambar 4. Struktur mikro baja ST 40

Spesimen yang diuji struktur mikronya terbagi menjadi tiga jenis yaitu Raw material, spesimen di *carburizing* dengan rata-rata area karbon 115,103 μm^2 dan spesimen pembanding yang di *carburizing* dengan rata-rata area partikel karbon 515,735 μm^2 . Setelah melewati mikroskop metalografi, gambar diolah lagi menggunakan aplikasi imagej. Pada gambar 4, warna hitam menunjukkan kelarutan unsur dalam Fe ($\beta/\text{Fe}_3\text{C}$) bersifat keras dan warna merah menunjukkan ferit (α/Fe) bersifat lunak. Hasil analisis struktur mikro dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian.

Benda Uji	Area ($\alpha+\beta$) (A = μm^2)	Uji titik ke	α/Fe (A = μm^2)	β/Fe^3 (A = μm^2)	$\beta\%$	Area penetrasi (A = μm^2)	HV = F/A (Kg/mm ²) F = 300 gf
Raw material	3072	1	2933,87	138,13	4,50%	1287,40	233
		2	2931,71	140,29	4,57%	1210,00	247,9
		3	2755,05	316,95	10,32%	1044,80	287,1
		4	2811,39	260,61	8,48%	1054,10	284,6
		5	3007,64	64,36	2,10%	1137,00	263,9
Rata - rata			2887,932	184,068	5,99%		263,3
Carburizing partikel karbon 515,735 μm^2	3072	1	2850,42	221,58	7,21%	1678,3	178,7
		2	2467,5	604,5	19,68%	1749,8	171,5
		3	2603,07	468,93	15,26%	1168,9	256,7
		4	2634,51	437,49	14,24%	1998,5	150,1
		5	2625,44	446,56	14,54%	1418,9	211,4
Rata - rata			2636,188	435,812	14,19%		193,7
Carburizing partikel karbon 115,103 μm^2	3072	1	2236,00	835,97	27,213%	1199,17	250,17
		2	2437,11	634,89	20,667%	1095,14	273,93
		3	2333,40	738,56	24,042%	1396,54	214,81
		4	2200,11	871,89	28,382%	1150,92	260,66
		5	2544,82	527,18	17,167%	1205,48	248,86
Rata - rata			2350,28	721,69	23,49%		249,68

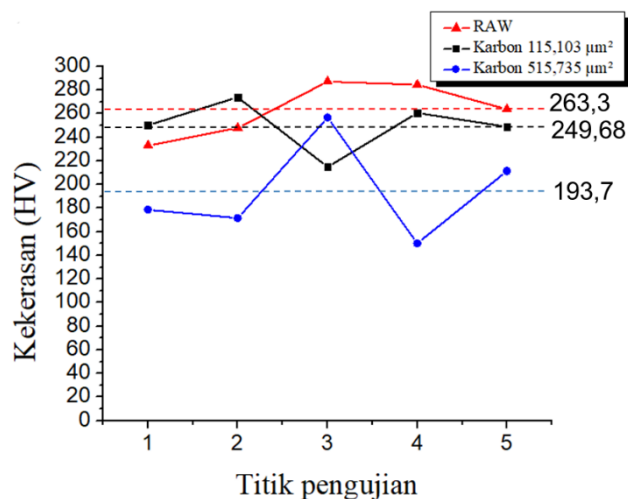


Gambar 5. Kelarutan unsur dalam Fe titik satu sampai lima pengujian struktur mikro

Area Hasil struktur mikro menunjukkan kelarutan unsur ($\beta/\text{Fe}^3\text{C}$) raw material sebesar 5,99%. Pada baja ST 40 setelah di *carburizing* dengan luas rata-rata area partikel karbon $515,735 \mu\text{m}^2$ menghasilkan rata-rata kelarutan unsur dalam Fe ($\beta/\text{Fe}^3\text{C}$) sebesar 14,19%. Peningkatan kelarutan unsur ($\beta/\text{Fe}^3\text{C}$) terjadi pada baja ST 40 setelah di *carburizing* dengan luas rata-rata area partikel karbon $115,103 \mu\text{m}^2$ menjadi 23,49%.

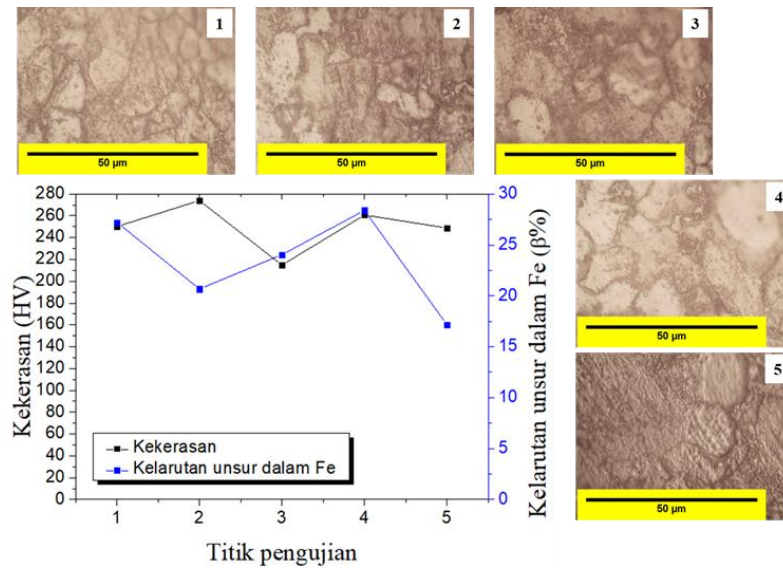
b. Pengujian kekerasan *Vickers Microhardness*.

Luas pijakan uji vickers pada raw material, baja ST 40 setelah diproses *carburizing* dengan luas rata-rata partikel karbon pembanding $515,735 \mu\text{m}^2$ dan baja ST 40 setelah diproses *carburizing* dengan luas rata-rata area partikel karbon $115,103 \mu\text{m}^2$ dianalisis menggunakan imagej.



Gambar 6. Pengujian kekerasan titik 1-5

Hasil pengujian kekerasan *vickers* dapat dilihat pada tabel 1. Rata-rata kekerasan permukaan raw material yang dihasilkan sebesar 263 Kg/mm². Pada baja ST 40 setelah diproses *carburizing* dengan luas rata-rata area partikel karbon $515,735 \mu\text{m}^2$ menghasilkan rata-rata nilai kekerasan 193,7 Kg/mm². Pada baja ST 40 setelah diproses *carburizing* dengan luas rata-rata area partikel karbon $115,103 \mu\text{m}^2$ menghasilkan rata-rata kekerasan 249,68 Kg/mm². Berdasarkan hasil pengujian diatas, nilai kekerasan dari ketiga sampel disetiap titiknya berbeda-beda.



Gambar 7. Hubungan kekerasan terhadap kelarutan baja ST 40 setelah carburizing dengan area rata-rata partikel karbon 115,103 μm^2

Pada gambar 7, harga titik satu kelarutan unsur lebih tinggi dibandingkan titik satu kekerasan. Dapat diasumsikan bahwa faktor yang mempengaruhi naik turunnya nilai kekerasan adalah posisi identor *vickers* pada permukaan baja. Apabila identor *vickers* mengenai area ferit (α/Fe) maka nilai kekerasan yang diperoleh akan kecil karena ferit merupakan struktur lunak pada Fe.

4. PENUTUP

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada ketiga jenis material, dapat ditarik kesimpulan: 1) setelah proses *carburizing* dilakukan, terjadi pengurangan luas partikel, jumlah partikel serta berat karbon yang digunakan. 2) struktur mikro yang ditemukan saat baja ST 40 di carburizing pada temperatur 780°C ditemukan perlit dan ferit. 3) ukuran partikel 115,103 μm^2 mampu meningkatkan kekerasan permukaan baja jika dibandingkan ukuran partikel 515,735 μm^2 .

DAFTAR PUSTAKA

- Dasarathy, C. (1993). *Steels - metallurgy and applications*. Materials & Design, 14(4), 268.
- Edenhofer, B., et al. (2014). *Carburizing of steels*. Woodhead Publishing Limited.
- Fox, J. (1979). *Introduction to Steel Selection- Carbon and Low-alloy Steels*. Oxford University Press.

- Sudirham, S. dan N. U. (2010). *Mengenal Sifat - Sifat Material*. Darpublic.
- Tokaji, K., & Akita, M. (2007). *Effect of carburizing on fatigue behaviour in a type 316 austenitic stainless steel*. WIT Transactions on Engineering Sciences, 55, 53–62.